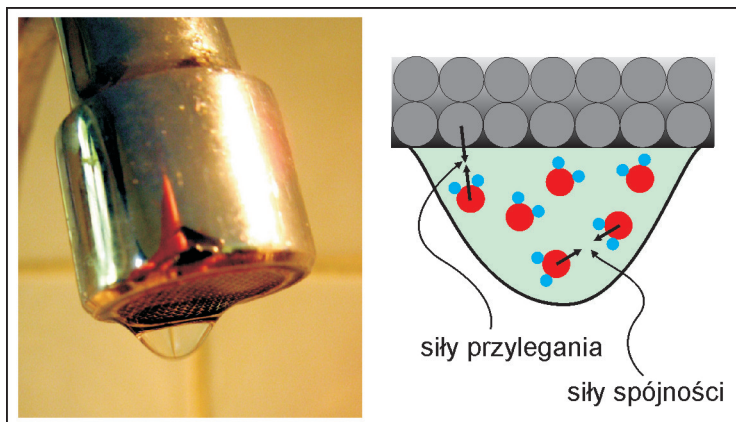


Herbatka na stacji kosmicznej

Na powierzchni Ziemi wszystkie przedmioty podlegają działającej na nie sile grawitacji. Jesteśmy tak bardzo przyzwyczajeni do wszechobecności tej siły, że czasem zapominamy o tym, jak bardzo wpływa ona na wszystkie wykonywane przez nas codzienne czynności. Weźmy na przykład picie herbaty. Wydaje się, że nie ma nic prostszego niż nalanie napoju do kubka i wypicie go. Jak się okazuje, wykonanie tej czynności wcale nie jest jednak takie proste na pokładzie stacji kosmicznej, gdzie astronauta przebywają w stanie nieważkości.

Siły spójności i przylegania kontra siła grawitacji

Na Ziemi, podczas nalewania herbaty do kubka, na każdą cząsteczkę cieczy działa siła grawitacji oraz siły przyciągania pochodzące od sąsiednich cząsteczek. Siły te noszą nazwę **sił spójności** lub **kohezji**. Dzięki nim cząsteczki tworzą ciągły strumień podczas przelewania cieczy. Na cząsteczki wody znajdujące się w sąsiedztwie ścianek kubka działają też tzw. **siły przylegania** lub **adhezji**. Są to siły przyciągania pomiędzy cząsteczkami cieczy i cząsteczkami ścianki naczynia, z którą styka się ciecz. Efekty jednoczesnego działania sił spójności i przylegania oraz siły grawitacji można łatwo zaobserwować przyglądając się wodzie kapiącej z kranu.



Kropla formująca się na krawędzi kranu jest początkowo bardzo mała. Siły przylegania i siły spójności pozwalają utrzymywać się kropli u ujścia kranu tak długo, dopóki ciężar kropli nie jest zbyt duży. Jeśli jednak rozmiar kropli przekroczy pewną wartość graniczną, siła grawitacji „wygrywa” i kropla wody odrywa się od powierzchni kranu. Zastanówmy się teraz, co się stanie z kroplą wody na krawędzi kranu, jeśli siła grawitacji zniknie. W takich warunkach zachowanie się cieczy będzie zależało jedynie od sił spójności i przylegania. Kropla będzie mogła więc rosnąć bez przeszkód, nie odrywając się od krawędzi kranu. Jeśli natomiast strącimy ją (uderzając na przykład łyżką w kran), kropla zamiast spaść na podłogę będzie unosić się w powietrzu jak balonik!

Picie i jedzenie w stanie nieważkości

Możemy teraz łatwo zrozumieć, że kwestia picia herbaty na stacji kosmicznej nie jest taka prosta. Próba nalania herbaty do kubka skończy się tym, że będziemy zmuszeni uganiać się po pomieszczeniu za gigantycznymi „kroplami” napoju, tak jak astronauci na poniższym zdjęciu.



Podobne trudności dotyczą także jedzenia, co widać na następnej fotografii, przedstawiającej członków załogi usiłujących złapać unoszące się w powietrzu żelki.

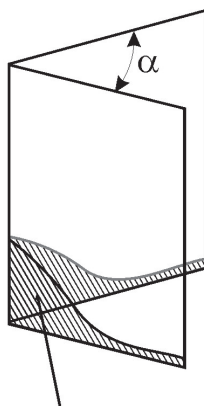


Astronauci nie piją więc napojów ze szklanek, filiżanek czy kubków. Na stacji kosmicznej znajdują się specjalne automaty, z których można pobrać wybrany napój do plastikowego woreczka, z którego pije się następnie przez rurkę. Jeden z członków załogi, Dan Pettit, zademonstrował też możliwość wyłapywania kropli herbaty pałeczkami (zobacz „Drinking tea with chopsticks in microgravity” na YouTube).

Dla tych, którzy jednak tęsknią za tradycyjnym piciem herbaty lub kawy Dan Pettit zaprojektował „szklankę”, którą można wykonać z kawałka przezroczystej folii i taśmy klejącej (zobacz film na stronie http://www.nasa.gov/multimedia/videogallery/index.html?media_id=130992951).



Napój wspina się po ściankach dzięki siłom przylegania i spójności cieczy oraz bardzo szczególnemu kształtowi tej przedziwnej „szklanki”. Żeby ją wykonać należy skleić taśmą krótsze brzegi prostokątnego kawałka plastikowej folii oraz dokleić dno w kształcie „łezki”. Powstaje w ten sposób pojemnik przypominający przekrojem skrzydło samolotu. W oparciu o podobną konstrukcję projektowane są zbiorniki z paliwem do rakiet używanych w stanie nieważkości. W obydwu przypadkach mamy bowiem do czynienia z tym samym problemem – jak zapewnić ciągły przepływ cieczy bez tworzenia unoszących się swobodnie kropel. Najistotniejszym parametrem konstrukcji jest odpowiednie dobranie kąta α , pod jakim należy skleić krawędzie „szklanki”.



ciecz wznosząca się po ściance
w narożniku "szklanki"

Żeby napój wspinał się po ściance, kąt ten musi spełniać następujący warunek:

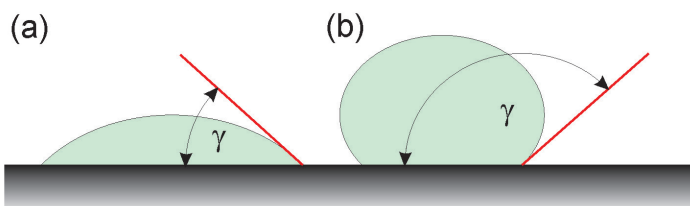
$$\alpha \leq 2 \cdot (90^\circ - \gamma),$$

gdzie γ oznacza tzw. **kąt zwilżania** (patrz ramka).

W przypadku wody, na powierzchni plastikowej folii do przezroczy kąt zwilżania wynosi około 50° . Żeby skonstruować „szklankę” Dana Pettita należy więc skleić krawędzie przezroczystej folii pod kątem mniejszym (lub równym) 80° .

Kątem zwilżania γ nazywa się kąt, jaki tworzy powierzchnia cieczy z podłożem w punkcie, gdzie ciecz styka się z powierzchnią ciała stałego i otaczającym je gazem.

Wartość kąta zwilżania jest charakterystyczna dla danej cieczy i danej powierzchni. Na przykład dla wody na powierzchni PCW (polichlorek winylu) kąt zwilżania wynosi około 85° , natomiast dla wody na powierzchni parafiny wynosi on około 110° . Jeśli $\gamma \leq 90^\circ$ to mówimy, że ciecz dobrze zwilża powierzchnię (a). Jeśli natomiast $90^\circ < \gamma \leq 180^\circ$ to mamy do czynienia ze słabym zwilżaniem (b).



Czytelnikom zainteresowanym przedziwnymi eksperymentami dotyczącymi zachowania cieczy w stanie nieważkości polecamy stronę: <http://www.physicscentral.com/explore/sots/>.